

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

視障生數學教育研究

The Use of Braille Display Golden-1 on Mathematical Education for the Blind

計畫編號：NSC88-2614-S-032-001

執行期限：87 年 9 月 01 日至 88 年 8 月 31 日

主持人：余 繁 淡江大學電機工程學系

一、中文摘要

本研究乃針對大學各類科系普遍地對視障生開放[1]，所引起視障生數理科學教育的學習[18]，及其教材普遍性不足，試圖解決之道。目前由於視障電腦輔具金點一號的開發，在文字教育的應用上，無論是教材的支援以及作業評估（考試）的應用都已趨成熟。數學在生活上、商業上、科學上以及技術等方面，無論是簡單的計算，或邏輯思考和概念化的建立均佔有不可或缺的地位，而視障數學教育由於教材取得不易及溝通不便，普遍性地不容易作深入的教育及學習。因此利用本土化研發的視障電腦輔具金點一號的功能，依據聶美茲數學點字規則[2]，開發雙向性的數學系統應用[3]，以提供視障者更多的學習教材及更廣泛的教育學習層面，使視障者能獨立自主的依自己的性向作學習的選擇[4]。

關鍵詞：盲用電腦，聶美茲數學

Abstract

Because of the shortage of textbooks in such fields as mathematics, physics, and chemistry, it is proposed that braille display Golden-1 be used to solve this problem. Braille display has been useful in creating the so-called electronic books in English and Chinese for the blind. But those books contain no special notations usually presented in mathematics

and other field.

For mathematics of arithmetic, algebra, and calculus, a braille mathematics system according to the Nemeth mathematics code has been developed for the blind. This braille math system can be employed to edit mathematics textbooks both in computer and on paper for the blind.

Keyword:

Braille, Nemeth mathematics code

二、緣由與目的

國科會自七十一年起規畫科學教育的研究與發展工作，並積極推動支援科學教育的基礎研究，因此在整個數學教育研究上作基礎上的全面性開發，在數學的教育領域上已經有了全面的涵蓋和極完整的發展。然而在整個的研究方向卻忽略了殘障教育上的界面運用研究[3]，讓投入在特殊障礙尤其是視障生領域的一群科學教育者，費心、費力又不討好地獨立作教材教具的奮鬥，而在一般教育下的視障生，也僅能靠口述及有限的手製教材作數學課程的學習。目前各大學對視障生科系的開放，以及日趨蓬勃自助性（DIY）的社會環境的需求下，使自然科學的學習更形殷切。在行政院 Y2K 跨越殘障鴻溝的號召下，本研究積極的作基礎性的數學教育運用研究開發，並擬作廣泛的實用性推展使用。

2.1 系統規畫

盲人在學習上，最常遭遇到的問題有：資料（教材）取得不易，輸入、輸出（點字）需要經由他人轉換才能跟多數人溝通等問題，所以在學習效率（時間）上常會有延誤的情況發生。近年來，由於電腦的普遍應用[6][7]，再加上相關軟、硬體的研发完成，盲人可透過電腦直接閱讀、輸入中、英文。使得盲人在資訊（書籍、雜誌）取得更加快速、方便，也可直接（不需經由他人轉換、翻譯）跟外界溝通[9]，如此可以減少盲人在學習上的困擾。然而，在一些特殊符號方面（如：數學、理化）因處理較為複雜，故需花更多的時間來規畫、測試。

2.2 動機

以往，數學課本的製作方式，係採明眼人報讀，盲人利用點字輸入；或者由熟悉點字的明眼人利用點字輸入。另外，視障學生的作業、考卷也需要由熟悉數學、理化點字的人員來翻譯，才能跟一般人溝通。此種方法製作費時耗力外，與教師間的學習互動需經由輔導老師的轉譯，才能完成學習的評估，也降低了學習的效率[18]。

有鑑於此，我們規畫了一套處理方法，利用電腦軟、硬體設備，來解決這些問題。

2.3 需求

可分為下列幾點敘述：

1. 課本製作

a) 定義簡單方便的輸入規則，使一般明眼人也能協助輸入

傳統的製作方式，必須要有熟悉數學點字符號的盲人或一般明眼人來輸入，而熟悉這些點字符號的專業人員又相當有限。因此我們想利用電腦定義一些簡單、方便的輸入規則，如此，只要會電腦打字者，就能協助製作課本。

b) 透過電腦將檔案轉譯成點字

完成以上的步驟後，只要經過我們所完成的轉譯程式就能將該檔案轉換成點字，而盲人就可在點字觸摸顯示器上閱讀，或者列印成點字。

c) 透過電腦，大量且快速的製造、複印點字課本

傳統上將一本點字課本製作完成後，如果要複製多本給一個以上的學生閱讀，

必須由人工一頁一頁的複印，相當耗費人力和時間。如果我們採用電腦製作之後，可透過點字印表機，大量且快速的製作出多份課本。

2. 雙向溝通

a) 在電腦螢幕上出現之數理符號能正確地顯示於點字觸摸顯示器上

目前，由於相關軟、硬體的完成，盲人已經能在電腦上直接閱讀、輸入一般的中、英文符號。但是，由於數學、理化符號較為複雜，所以必須花費更多的時間來做規畫。我們希望透過所規畫的系統，使盲人能在電腦上閱讀數學符號，且這些符號是一般明眼人能瞭解之符號（非點字）。

b) 盲人透過點字輸入，能在螢幕上出現一般人可瞭解之數學符號

規畫一套數學、理化輸入法，盲人只要利用他們所熟悉的數學點字符號在電腦上輸入，透過我們所規畫的系統，就能將之轉換成一般明眼人能瞭解之符號。

三、結果與討論

1. 只有線的概念

a) 電腦輸入

文字模式是較適合盲人操作的環境，且此模式也較方便程式的轉譯。但，數學、理化符號卻有許多圖形。

b) 點字不易表現圖形

點字的表現方式，只能有線條的概念，而無法有圖形、幾何的概念。然而，在數學、理化符號中，卻具有相當多的圖形符號（如：幾何圖形、表格、分數、根號等）。

2. 點字有多對多的關係

點字是由六個點組合而成，故在很多情況下，可能會有重複的符號，所以，在轉換時會造成許多困擾。

四、處理方式

1. 檔案轉檔案

將數學、理化課本交給一般熟悉電腦打字的人員輸入（不需要瞭解點字），然後經過我們所研發完成的轉譯系統，將之轉換成點字檔案，盲人可透過點字觸摸顯示器，或將之列印成點字課本，讓盲人閱讀。

我們所轉換的規則，儘量與「聶美茲點字規則」完全相同。如此，盲人就不需另外背誦其他的點字符號，也不破壞傳統的點字規則。

此種方法的好處是：沒有破壞傳統的點字規則、盲人不需重新背誦新的點字符號，而且，可把檔案列印成點字課本。然而，此種方式的缺點是：轉換成點字後，只有熟悉點字的人員才能閱讀，沒有辦法和一般明眼人雙向溝通。

2. 數學輸入法

有鑑於越來越多的盲人回到一般學校上課，而這些學校的老師不一定瞭解點字，且為了解決雙向溝通（老師所出的考題學生看得懂，盲生所寫的答案老師看得懂）的問題，因此，我們定義了一套簡單、方便的輸入法，讓老師、盲生都能方便地雙向溝通。

a) 老師

只要在我們所研發完成的編輯器中，輸入一個 math 的指令，螢幕上就會出現許多的數學符號，老師只要透過游標選擇，就可方便地輸入這些符號。

b) 盲生

盲生能在任何情況下，按下一個我們所定義好的鍵（進入數學輸入法），然後利用他所熟悉的點字規則來輸入特殊符號，螢幕上就會出現對應的符號。

c) 雙方都能瞭解

螢幕上所出現的符號，是以一般明眼就能瞭解之符號顯示，而此系統也會將螢幕上所出現之符號，轉譯成點字，顯示於點字觸摸顯示器上。

3. 表格、圖形處理

a) 分數、根號

對於電腦、點字而言，分數、根號等數學符號，也是屬於圖形的範疇，故在處理、表達上有些複雜。所以，我們稍加修改，如：

三分之二 $2/3$

檔案模式為

即時轉換模式

一又六分之五 $1\ 5/6$

根號三 $\sqrt{3}$

b) 表格

表格是以橫線、直線的方式呈現，在表現上雖然有點複雜，但是，可以經過計算、轉譯之後，將表格列印到點字印表機。

點字表格較適合在點字紙上閱讀。然而，因為點字紙的大小有限，若表格過大，也會造成閱讀上的困擾。我們所建議的方法有二：

(1) 將表格切割成多個較小的表格

(2) 改採描述的方式表達

c) 圖形

點字不易表現圖形，我們建議的方式有二：

(1) 採用描述的方式呈現

(2) 製作其他輔助教具

五、測試情形

目前已針對小學數學課本、考卷進行測試。並獲得相當的成效。

六、系統功能簡介

1. 教科書、考卷製作成點字：結合國字轉點字系統。可檔案轉檔案。
2. 特殊符號輸入法：配合 CBE98（中文點字編輯程式）可 menu 方式選擇特殊符號。
3. 數學點字輸入法：配合 GDBRL（金點點字視窗驅動程式），輸入數學點字符號，可在螢幕上即時顯示該符號。
4. 金點顯示數學符號：配合 GDBRL，金點可及時顯示螢幕上之數學符號。
5. 點字規則採「聶美茲點字規則」

七、計畫成果自評

視障生的數學教育之殘障電腦輔具金點一號的運用，是科技教育在視障學習上的開發。本研究的重點在提供特殊教育上的電腦科技應用，屬於介面系統性的支援，因此需要特殊教育上的需求配合，以及實際上的使用修正，目前當然存在著很多後續的執行的問題，但是我們基於硬體開發者的立場，希望能有學習無障礙的環境支援，對各類系統的探討開發多不預設立場的去尋求問題，並且想盡辦法地讓金點去解決。系統無法表達的圖形我們也正在努

力地開發 20x20 的圖形介面顯示來補足系統的運用完整性。

五、參考文獻

- [1] 王亦榮, “走過從前盲人點字的演進”, *國教之友*, Vol 43, No. 3, pp.28-30, 1991.
- [2] 聶美茲數學與科學點字記號彙編, 教育部盲人點字研究組、台灣省立台南師範專科學校及台灣省視覺障礙兒童混合教育計畫師資訓練班印行, 72 年 9 月
- [3] *Application Software Design Guidelines: Increasing the Accessibility of Application Software to People with Disabilities and Older Users*, Compiled by Gregg C. Vanderheiden, Trace R & D Center, Dept. of Industrial Engineering University of Wisconsin-Madison, 1994.
- [4] Lewis, R.B, *Special education technology classroom application*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole, 1993.
- [5] B. M. McMillin and P. Y. McMillin, “Personal computing for the visually impaired”, *IEEE Potentials*, Vol 8, No. 2, pp. 17-20, 1989.
- [6] M. P. Srinivasan, C. R. Venugopal, and N. Kaulgud, “Computer braille terminal for the visually handicapped”, *Journal of Microcomputer Applications*, Vol 13, No. 3, pp. 261-272, 1990.
- [7] S. Kitahara and Y. Okada, “Research on personal interface and system development for the disabled”, *NEC Research & Development*, Vol 34, No. 2, pp. 257-262, 1993.
- [8] N. Srikanthan and K. R. Subramanian “Braille display terminal for personal computers”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol 36, No. 2, pp. 121-128, 1990.
- [9] W. A. Slaby, “Computerized braille translation”, *Journal of Microcomputer Application*, Vol 13, No. 2, pp. 107-113, 1990.
- [10] B. Bauwens, F. Evenspoel and J. Engelen, “SGML as an enabling technology for access to digital information by print disabled readers”, *Computer Standard & Interface*, Vol 18, No. 1, pp. 55-69, 1996.
- [11] J. J. Lazzaro, “Opening doors for the disabled”, *Byte*, Vol 15, No. 8, pp. 258-268, 1990.
- [12] Y. Yonezawa, I. Kazumori and H. Hattori, “Method of nonimpact braille printed by electro-thermosensitive process”, *Electronic & Communications in Japan, Part 2 : Electronics*, Vol 71, No. 11, pp. 1-10, 1988.
- [13] S. F. Fisklen-Gibson, P. Bach-y-Rita, W. J. Tompkins and J. G. Webster, “64-Solenoid for-level fingertip search display for the blind”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol BME-34, No. 12, pp. 963-965.
- [14] S. K. Guha and S. Anand, “Computer as a group teaching aid for persons who are blind”, *Journal of Rehabilitation Research & Development*, Vol 29, No. 3, pp. 57-63, 1992.
- [15] F. P. Seiler and W. Oberleitner, “Wine TU German language grade 2 to ASCII braille translator”, *Journal of Microcomputer Application*, Vol 13, No. 2, pp. 185-191, 1990.
- [16] H. C. Flickechuh, M. Busboom and W. L. Zagler, “Computer assisted braille production in austria”, *Journal of Microcomputer Applications*, Vol 13, No. 2, pp. 115-121, 1990.
- [17] 電腦相關輔具分析調查研究, 資策會, 1997
- [18] H. Cahill, C. Linehan, J. McCarthy, G. Bormans, J. Engelen, “Blind and Partially Sighted Students’ Access to Mathematics and Computer Technology in Ireland and Belgium”, *Journal of Visual Impairment & Blindness*, pp. 105-113, Mar-Apr 1996

聶美茲電腦數學點字符號

符 號 對 照 表

符 號	點 數	點 字	名 稱	符 號	點 數	點 字	名 稱
+	(346)	+	加號	#	(46)(3456)	.#	數號
-	(36)	-	減號	□	(123456)	=	未知數
*	(16)	*	乘號	&	(456) (12346)	._&	與
×	(4)(16)	*.	乘號	%	(4)(356)	`0	百分號
÷	(46)(34)	./	除號	>	(46)(2)	.1	大於
=	(46)(13)	.k	等於	<	(5)(13)	"k	小於
=	(46)(13)	.k	等於	≠	(34) (46)(13)	/k	不等於
.	(46)	.	小數點	:	(5)(2)	"1	比例
^	(56)	~	次方	⊥	(1246) (1234)	\$p	垂直
|	(1256)		絕對值	√	(345) (12456)	>}	根號
(	(12356)	(	左小括弧	△	(1246) (2345)	\$t	三角形
)	(23456)	)	右小括弧	/	(34)	/	斜線
[	(4)(12356)	\(	左中括弧	?	(123456)	=	問號
]	(4)(23456)	\)	右中括弧	∠	(1246) (246)	\$_{}	角度
{	(46) (12356)	.(	左大括弧	||	(1246) (123)	\$l	平行於
}	(46) (23456)	.)	右大括弧	∴	(4)(34)	`/	因為
∪	(46)(346)	.+	聯集	∴	(6)(16)	,*	所以
∩	(46)(146)	.%	交集	↑	(1246) (126)(25) (25)(135)	\$<33o	向上箭頭
∞	(6) (123456)	,=	無限大	↓	(1246) (146)(25) (25)(135)	\$%33o	向下箭頭

聶美茲電腦數學點字符號

符 號 對 照 表

符 號	點 數	點 字	名 稱	符 號	點 數	點 字	名 稱
←	(1246) (246) (25)(25)	⌈33	向左箭頭	μ	(46)(134)	.m	mu
→	(1246)(25) (25)(135)	⌋33o	向右箭頭	ν	(46)(1345)	.n	nu
≡	(4)(156) (46)(13)	⌈k	全等	ξ	(46)(1346)	.x	xi
>>	(46)(5) (4)(13)(2) (12456)	.1.1}	遠大於	o	(46)(135)	.o	omicron
<<	(5)(13) (4)(5)(13) (12456)	"k"⌈k}	遠小於	ρ	(46)(1235)	.r	rho
><	(46)(2) (5)(5)(13)	.1"⌈k	大於或 小於	σ	(46)(234)	.s	sigma
<>	(5)(13) (5)(46)(2)	"k".1	小於或 大於	τ	(46)(2345)	.t	tau
\geq	(46)(2) (156)(5)	.1:"	大於等於	υ	(46)(136)	.u	upsilon
\leq	(5)(13) (156)	"k:"	小於等於	φ	(46)(124)	.f	phi
α	(46)(1)	.a	alpha	χ	(46) (12346)	.&	chi
β	(46)(12)	.b	beta	ϕ	(46) (13456)	.y	psi
γ	(46)(1245)	.g	gamma	ω	(46) (23456)	.)	omega
δ	(46)(145)	.d	delta	Σ	(46)(6) (234)	.,s	sigma
ϵ	(46)(15)	.e	epsilon	π	(46)(1234)	.p	pi
ζ	(46)(1356)	.z	zeta	\pm	(346)(36)	+.	正負
η	(46)(156)	..	eta	\frown	(1246)(1)	\$a	弧凹面向 上
θ	(46)(1456)	.?	theta	\smile	(1246)(3)	\$'	弧凹面向 下
ι	(46)(24)	.i	iota	\$	(4)(234)	⌈s	dollar
κ	(46)(13)	.k	kappa	∇	(46)(1246)	⌈	梯度
λ	(46)(123)	.l	lambda	!	(12346)	&	階乘